

光リンクセンサーネットワークのための

レーザービームトラッカーの改良

新木 智博¹, 香川 直己¹

¹福山大学 (〒729-0292 広島県福山市学園町1番地三蔵)

Improvement of Laser-Beam-Tracker for Optical Link Sensor Network

Tomohiro SHINKI¹, Naoki KAGAWA¹

¹Fukuyama Univ., 1 Sanzo, Gakuenmachi, Fukuyama, Hiroshima 729-0292

Abstract: We study laser-beam-tracker for optical link sensor network. This tracker is operated by microcomputer. This system uses image processing to track the beam. So far, when the beam is within the frame, the beam tracker can track the beam while maintaining a certain distance from the light source. However, it often fails to track the beam when the beam is almost out of the frame. In the process of following the beam, the camera gain changes, and the beam cannot be followed due to this effect. Therefore, we considered using the information of the pixel value difference between the background light and the beam region to set the threshold range for binarization of the beam region. In this paper, we evaluated to select the most suitable filter from four types of lightweight filters and adopted the Prewitt filter.

Key Words: Spatial filtering, Camera gain, Image processing, Sensor network, FSO

1. まえがき

現在、吸収分光分析を用いたガス濃度計測システムを備えたセンサーネットワークの開発を行っており、ネットワーク通信には自由光空間通信を用いる。このシステムは、移動させながらの通信を考慮しており、光がレーザーから外れないようにするための光軸トラッカーの開発を現在行っている¹⁾。先行研究では、レーザー光源から受光側までの距離が変化しても、レーザー光源の回転軸を中心に円弧追尾できるようになった²⁾。一方で、受光したビームを追尾する途中で外れてしまう問題がしばしば見られた。本研究では、その対策方法と、原因を追究し、その改善点について考察する。

2. ビームの特徴量の抽出方法

本システムは、画像処理ライブラリ OpenCV を組み込んだマイクロコントローラ(Raspberry Pi 3B+)を用いてビームを追尾するのに必要な特徴を取得する。撮影した画像を HSV(Hue, Saturation, Value)またはグレースケール情報を用いてそれぞれ別々に二値化処理を施す。画像モーメントの算出を HSV とグレースケールの二値化画像からそれぞれ求める。HSV を用いて算出した画像モーメントからビーム中心座標を求め、グレースケールを用いて算出した画像モーメントから、ビーム面積を求める³⁾。また、輪郭情報の検出は入力画像から HSV の二値化画像から求め、その情報から楕円近似処理を用いて長軸と短軸を算出する²⁾。

3. ビームトラッカーの課題と解決手法

ビームの明るさや、撮像アレイに受光しているビームの割合によってカメラゲインが変動し、ビーム領域内の色が変わる問題がある。そこで、カメラゲインが変化する時にカラートラッキングによる色の閾値の設定を変えることでビームを認識しようと考えた。しかし、ビームトラッカーに搭載している撮像アレイでは、カメラゲイン情報を直接取得することができないため、画像データからカメラゲインを推定することを考えた。そこで、ビームのエッジの画素値の傾きに注目し(Fig.1)、画像のカメラゲインの推定を行うために、撮影画像に画素値の傾きを求める空間フィルタリング処理を行い、出力結果の最大値を画像のカメラゲイン情報として取得する。

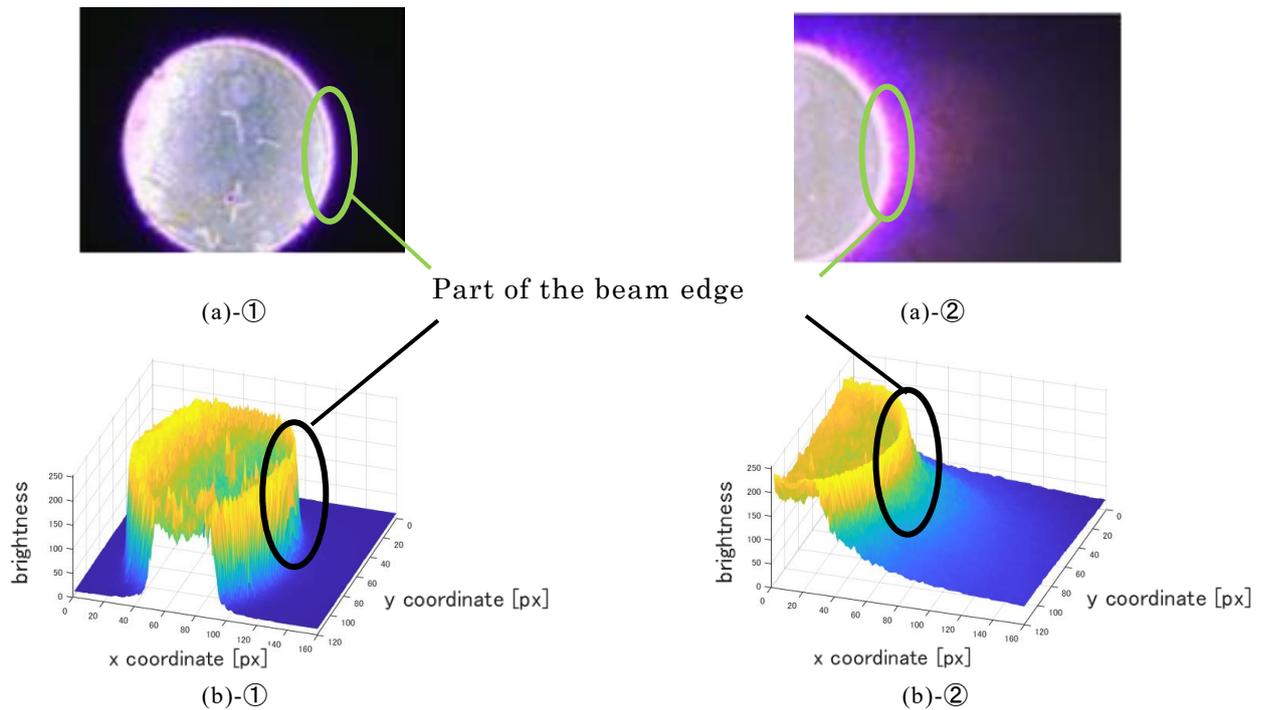


Fig.1 (a) RGB image (b) Distribution of brightness in Grayscale image. (a)-① and (b)-① use image when the beam is within the frame. (a)-② and (b)-② use image when the beam is almost out of the frame.

4. ビームトラッカーの解決手法の検証結果

撮影画像の解像度を $160 \times 120 \text{px}$ 、撮影画像のグレースケール情報に対して、Fig.2の Output 1~4 の4種類のフィルタリング方法を施し、各データ群の最大値を画像のカメラゲイン情報とする。また、画像のカメラゲイン情報の評価の基準として輝度を表すグレースケール情報の最小値を用いる(Fig.2の Output5)。実験方法は、レーザ光($\lambda=405 \text{nm}$)を撮像アレイが受光することによって画像に映るビームをFig.3のように、画角の左側から右側へ 5px 毎のステップ移動を行うように、レーザ出射側の回転ステージ(U651.03 PI社)を自動で回転させる。ビームの移動量が 250px まで行った。そして、各フィルタリング方法で得られたカメラゲイン情報の最大値を1、最小値を0とし、正規化をする。各グラフは横軸がビームの水平移動量、縦軸はカメラゲイン情報の正規化の値をFig.4に示す。Output 1~4は画像のカメラゲインが5段階に分かれているのに対して、Output 5は4段階である。また、各段階におけるデータのばらつきをOutput 1~4にて比較した時、Output 3と4が概ねOutput 1と2に比べて小さいことが分かった。Output 1~4の正規化データとOutput 5の正規化データとの間のグラフをFig.5に示す。Output 5の4箇所データの集まりをそれぞれ最大値と最小値との間の範囲に置き換え、その範囲内にOutput 1~4のデータが占める割合を求めた結果、それぞれ54.5%、45.1%、54.5%、45.1%となった。このことから、Output 1と3がOutput 5のデータの集まりの範囲と最も一致していることが分かる。以上の2点からOutput 3のPrewittフィルタが画像のカメラゲインを得るのに適していることが分かった。

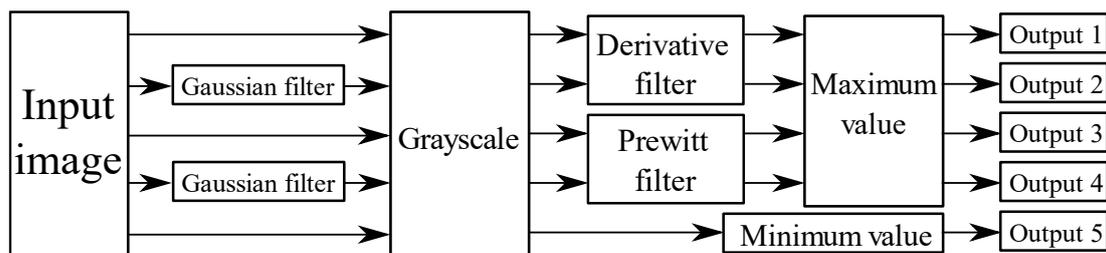


Fig.2 Process of obtaining camera gain from image.

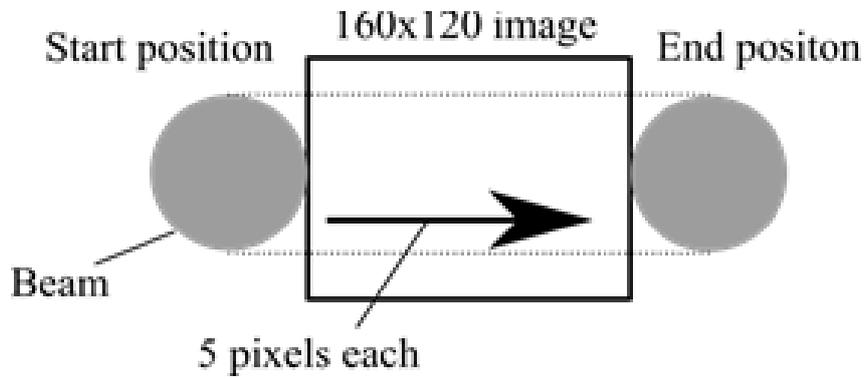


Fig.3 Measuring position of the beam and transition of the beam-edge data.

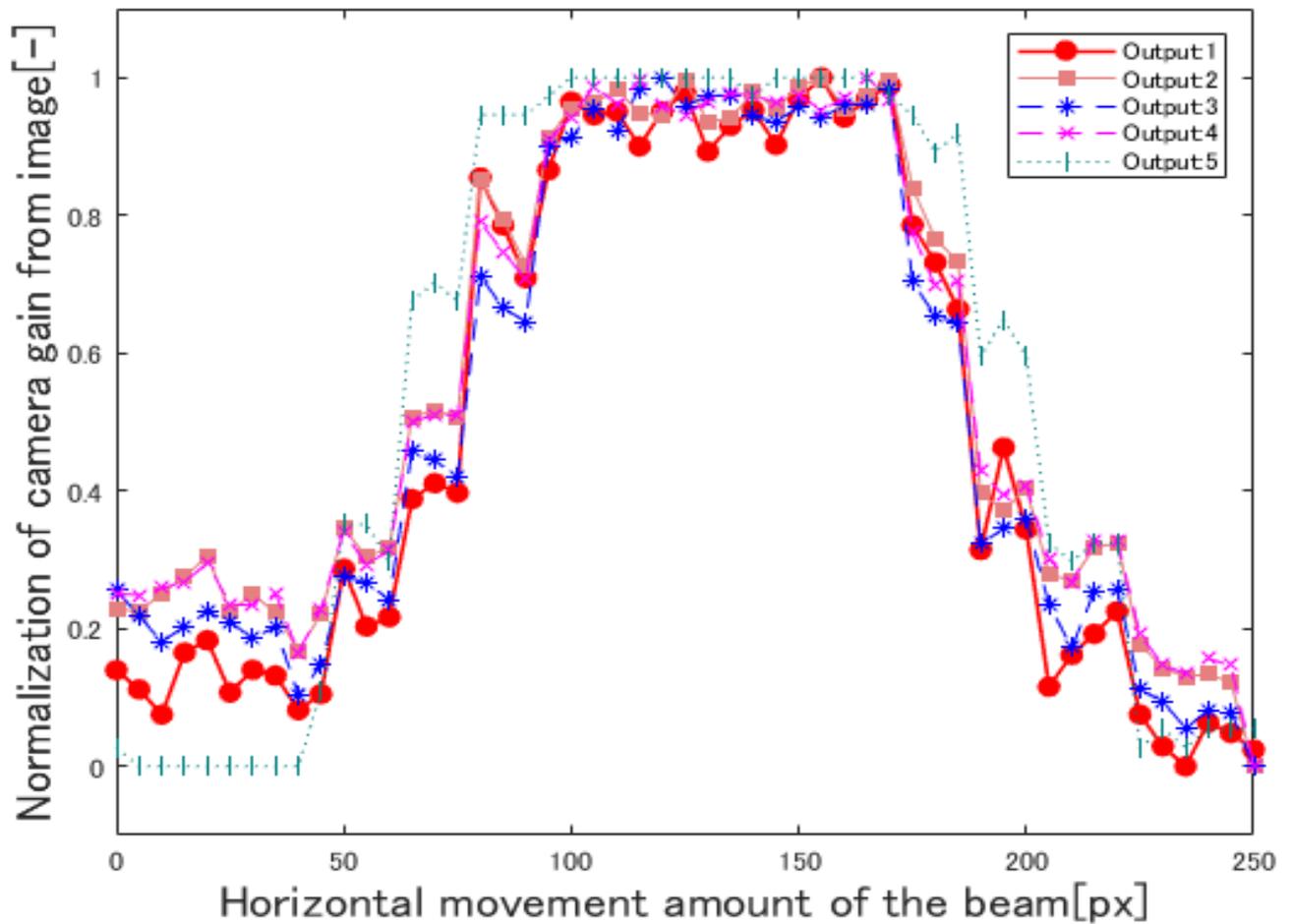


Fig.4 Result of normalization of camera gain from image(Output 1~4) and normalization of the lowest value of grayscale from image(Output 5).

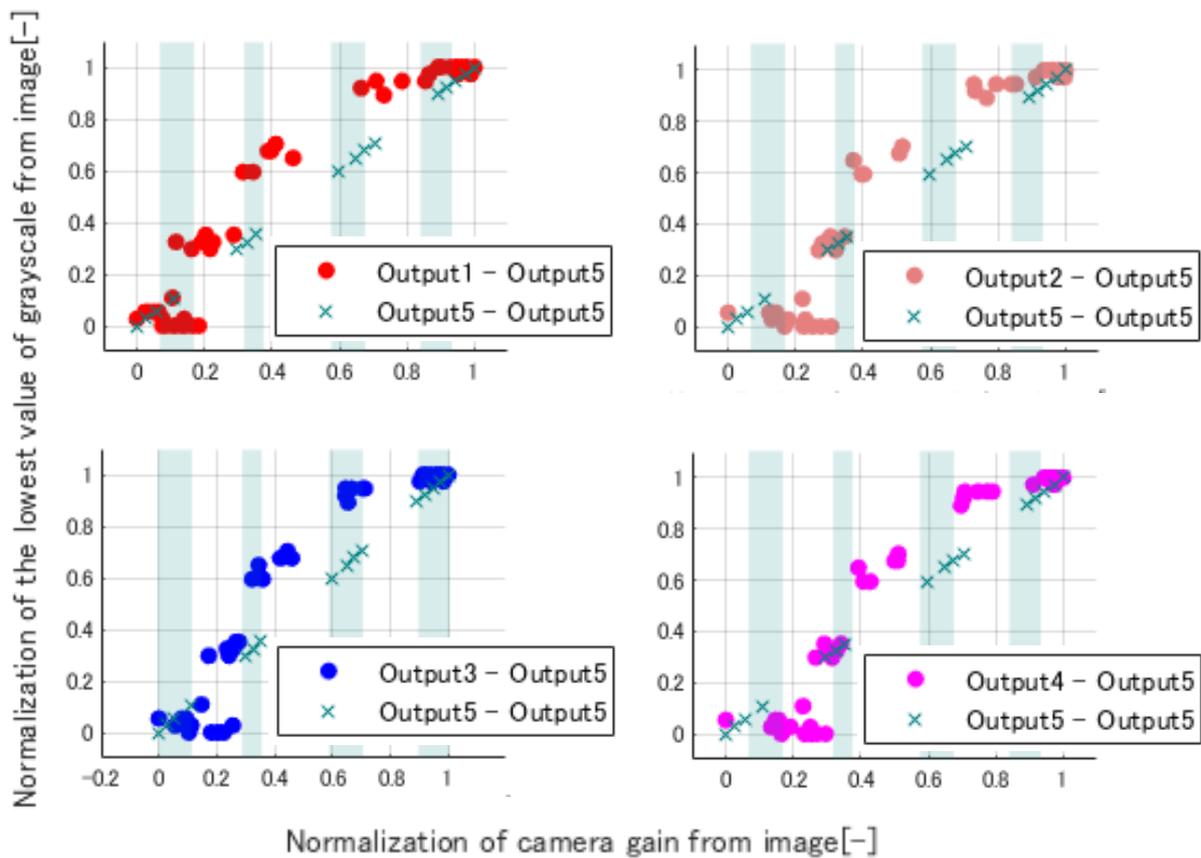


Fig.5 Results of Normalization of camera gain from image(Output 1~4) for normalization of the lowest value of grayscale from image(Output 5).

5. まとめ

カメラゲインが変動することによって、ビーム領域内の色が変わる課題に対して、ビームのエッジの画素値の傾きに注目し、画素値の傾きを算出する空間フィルタリング処理を用いる手法を考えた。検証した 4 種類のフィルタリング処理の内、カメラゲインの評価の基準に最も近い処理は Prewitt フィルタであった。今後の課題として、画像のカメラゲイン情報を変数とするビーム領域を抽出するための閾値関数の導出を検討する。

参考文献

- 1) N. Okumoto, N. Kagawa “Development and Test of a Spectrometer with FSO” The Paper of Technical Meeting on “Instrumentation and Measurement”, IEE Japan IM-16-051, pp.7-12 (2016)
- 2) T. Shinki, N. Kagawa “Improvement of Laser-tracking Algorithm for Spectral Sensing with Free Space Optics and its Performance Evaluation” , HISS 22nd, pp.186-187 (2020)
- 3) T. Shinki, N. Kagawa “Development of Beam-tracking System for Optical Link Sensor Network”, Laser sensing symposium 37th, P-16 (2019)